Nicht für den Prüfling bestimmt

I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCBG und Abiturerlassen BG jeweils in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

Standardbezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzbereiche sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzbereiche für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzbereiche in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Bezugs zu den Kompetenzbereichen des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzbereiche				
	K1	K2	K3	K4	K5
1.1	X		X		
1.2		X			X
1.3		X			
1.4.1					
1.4.2	X	X	X		X
1.4.3	X			X	X
1.5.1	X	X		X	
1.5.2		X			X
1.5.3			X	X	
1.5.4			X		X
2.1	X	X			
2.2	X	X			
3.1	X				
3.2	X			X	

Inhaltlicher Bezug
Die nachfolgend ausgewiesenen Themenfelder sind die wesentliche inhaltliche Grundlage für die vorliegenden Aufgaben. Darüber hinaus können weitere, hier nicht explizit ausgewiesene Themenfelder für die Bearbeitung nachrangig bedeutsam sein.
Q1: Biochemische Grundlagen der Biologietechnik
Q3: Theorie der Biologietechnik in Verfahren und Anwendungen
Verbindliche Themenfelder: Grundlagen der Thermodynamik und Enzymologie (Q1.1), Enzymologische Messverfahren (Q1.5), Immunbiologische Grundlagen und abgeleitete technische Verfahren (Q3.2)

II Lösungshinweise

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren.

<table>
<tr><th rowspan="2">Aufg.</th><th rowspan="2">erwartete Leistungen</th><th colspan="3">BE</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>III</th></tr>
<tr><td>1.1</td><td>erläutern
Proteine sind aus 20 verschiedenen Aminosäuren aufgebaut. Als Primärstruktur bezeichnet man die für jedes Protein charakteristische lineare Verknüpfung verschiedener Aminosäuren durch Peptidbindungen, die Aminosäuresequenz. Als Sekundärstrukturen der Proteine bezeichnet man die durch Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Peptidbindungen stabilisierten α-Helix-Strukturen und β-Faltblattstrukturen. Die Tertiärstruktur der Proteine ist bedingt durch die Faltung einzelner Peptidketten zu einer dreidimensionalen spezifischen Struktur, wobei die Sekundärstrukturen weitgehend erhalten bleiben. Durch die Ausbildung von Tertiärstrukturen erhalten Proteine die für ihre jeweiligen Funktionen charakteristische Form. Die Proteinfaltung beruht auf der Ausbildung von Disulfidbrücken, Wasserstoffbrücken, Ionenbindungen und hydrophoben Wechselwirkungen zwischen den Seitenketten der im Protein vorhandenen Aminosäuren. Bei einigen Proteinen kommt es noch zur Bildung einer Quartärstruktur, also einem Aufbau aus zwei oder mehreren gleichen oder ungleichen Peptidketten (Untereinheiten). Für die Quartärstruktur spielen zusätzlich Van-der Waals-Kräfte eine Rolle.</td><td>6</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>1.2</td><td>erklären
Die schlecht wasserlöslichen α- und, β-Caseine ziehen sich aufgrund der hydrophoben Wechselwirkung zwischen den Aminosäureketten gegenseitig an und bilden so größere Aggregate. Der hydrophobe Teil A der κ-Caseinmoleküle umlagert diese Aggregate, während der hydrophile Teil B „nach außen“, in die wässrige Milch-Lösung, ragt. So können sich die kugelförmigen Micellen ausbilden und liegen als kleine Teilchen in der Milch gelöst vor.
entwickeln
Damit die Caseine aus der Milch ausflocken, muss der polare Teil B des κ-Caseins entfernt oder verändert werden. Das Enzym Chymosin könnte die Zuckermoleküle von den Aminosäuren abspalten oder den gesamten Teil B abtrennen. Da sich die hydrophoben Proteine und das Wasser abstoßen, flocken die Proteine in beiden Fällen aus.</td><td></td><td></td><td>2

2</td></tr>
<tr><td>1.3</td><td>angeben
Eine mögliche DNA-Sequenz für die Aminosäuren an Position 101-105 lautet:
3' GGA GTA GAA TCG AAG 5'
5' CCT CAT CTT AGC TTC 3'
Eine mögliche DNA-Sequenz für die Aminosäuren an Position 165 lautet:
3' TGG 5'
5' ACC 3'

untersuchen
Folgen eines Basenaustauschs im DNA-Codon für die Aminosäure 105, Phenylalanin, können sein:
− Eine andere Aminosäure wird eingebaut, z.B. Leucin (im DNA-Triplett AAG wird statt Guanin die Base Cytosin eingebaut. Daraus resultiert das mRNA-Codon UUG und folglich die Aminosäure Leucin), möglicherweise wird dann die Schnittstelle im κ-Casein vom Chymosin nicht erkannt und die Ausfällung des Caseins aus der Milch unterbleibt.
− Da Phenylalanin durch 2 verschiedene mRNA-Codons codiert werden kann (UUU und UUC), bleibt eine entsprechende Mutation in der DNA folgenlos.
Folgen eines Basentauschs im DNA-Codon für die Aminosäure 165, Threonin,</td><td>3</td><td>1</td><td></td></tr>
</table>

Nicht für den Prüfling bestimmt

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
	können sein: – Da Threonin durch 4 verschiedene mRNA-Codons codiert wird (ACG, ACA, ACC, ACU), bleibt ein Basentausch an der dritten Stelle des entsprechenden DNA-Codons folgenlos. – Ein Austausch an erster oder zweiter Stelle des DNA-Codons führt zum Einbau einer anderen Aminosäure. Wahrscheinlich würde diese dann nicht glykolysiert werden und so würde die Polarität des polaren Teils des κ-Caseins abnehmen. Da aber unwahrscheinlich ist, dass auch bei den DNA-Codons der restlichen glykolysierten Aminosäuren gleichzeitig eine Mutation auftritt, wird die Löslichkeit des Caseins dadurch nur unwesentlich beeinflusst werden.		3	3
1.4.1	bestimmen K_M-Wert von E1 (Artischockenenzym): 0,8 g/L.	4		

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
	K_M-Wert von E2 (Aspergillus-Enzym): 0,25 g/L. aufzeigen Die Michaeliskonstante charakterisiert die Affinität des Enzyms zu seinem Substrat. Sie entspricht derjenigen Substratkonzentration, bei der die Hälfte der maximalen Reaktionsgeschwindigkeit erreicht ist. K_M -Werte sind das gebräuchliche Maß für die Bindungsstärke zwischen dem Enzym und seinem Substrat, wenn der Enzym-Substrat-Komplex gebildet wird. Demnach liegt eine höhere Affinität von Enzym 2 zum Substrat vor.		4	
1.4.2	vergleichen Bei der Substratkonzentration von 2,0 g/L liegt die Abbaugeschwindigkeit von Enzym 1 bei 15 g pro Stunde, die von Enzym 2 um ca. 70% niedriger, bei 4 g pro Stunde.		2	
	erklären Eine Erhöhung von 2,0 auf 3 g/L führt bei Enzym 1 zu einer Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit auf 16,5 g pro Stunde. Der Sättigungsbereich des Enzyms, in dem alle Moleküle mit Substrat ausgelastet sind, ist hier noch nicht erreicht. Bei Enzym 2 hingegen sind bei einer Substratkonzentration von 2,0 g/L schon alle Enzymmoleküle im Enzym-Substrat-Komplex gebunden, sodass die Erhöhung der Substratkonzentration keinen Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat.		3	
1.4.3	beurteilen Bei der Suche nach leistungsfähigen Enzymen wird in der Regel nach kleinen K_M-Werten und hohen Reaktionsgeschwindigkeiten selektiert. Ein geeignetes Enzym soll eine hohe Affinität zu seinem Substrat aufweisen und eine hohe Umsatzrate aufgrund der hohen Reaktionsgeschwindigkeit zeigen. Für Enzym 2 spricht die hohe Affinität zu seinem Substrat. So kann schon bei geringer Substratkonzentration ein schneller Abbau erreicht werden. Allerdings ist Enzym 2 bei höheren Substratkonzentrationen schnell an seiner Kapazitätsgrenze, und die maximale Abbaugeschwindigkeit ist niedrig. Insgesamt ist aber Enzym 1 besser geeignet, denn es weist bei allen Massenkonzentrationen von Kappa-Casein höhere Umsatzraten auf.			5
1.5.1	anfertigen Herstellung einer cDNA: – Identifizierung der reifen mRNA für Chymosin durch Gensonden – Die Gensonde ist gleichzeitig der Primer, an den sich das Enzym Reverse Transkriptase binden und starten kann (oder Zugabe eines Primers, also eines kurzen DNA-Stücks). – Reverse Transkriptase synthetisiert komplementär zur mRNA einen DNA-Strang (codogener Strang, cDNA) – mRNA wird enzymatisch oder mit alkalischer Lösung abgebaut und entfernt – Zugabe von DNA-Polymerase, die den Einzelstrang zum Doppelstrang ergänzt Einbau des Gens in einen Vektor: – Anheften von klebrigen Enden (Palindromen), damit das DNA-Fragment in den Vektor integriert werden kann – versetztes Aufschneiden des Vektors mit dem passenden Restriktionsenzym (es entstehen auch hier die passenden klebrigen Enden) – Zusammengeben des aufgeschnittenen Vektors und des Gens, Einbau des Gens in das Resistenzgen für Streptomycin.	8	4	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE I	BE II	BE III
	− Ausbildung der Phosphodiester-Bindungen der „Strickleiter“ durch das Enzym Ligase. Zumindest bei einigen Plasmiden ist dann das Gen erfolgreich integriert worden. Transformation: − Einschleusen des Vektors in *E. coli*, z.B. durch eine Genkanone Selektion: − Identifizieren der Bakterien, die das Fremdgen aufgenommen haben scale up: − Vermehrung der Klone im Bioreaktor unter optimalen Wachstumsbedingungen und Produktion des Chymosins − Abtrennung und Reinigung des Chymosins			
1.5.2	auswählen, begründen Alle Bakterien, mit oder ohne erfolgreiche Transformation, wachsen auf dem antibiotikafreien Nährboden. Die Kolonien 3 und 9 wachsen auf Ampicillin-haltigem Nährboden, denn sie haben das Plasmid mit dem Insert aufgenommen, und das Ampicillin-Resistenzgen ist funktionstüchtig. Sie wachsen dagegen nicht bei Anwesenheit von Streptomycin, da das Insert in das Streptomycinresistenz-Gen integriert und dieses dabei funktionsuntüchtig wurde. Dies sind also die gewünschten Klone. Die Bakterien der Kolonien 1, 5 und 6 haben zwar auch das Plasmid aufgenommen und können deshalb auf einem Medium mit Ampicillin wachsen, dieses Plasmid enthielt jedoch nicht das Insert, da das Streptomycin-Resistenzgen noch funktionsfähig ist. auswählen begründen	2	2	2
1.5.3	erklären − Die Verwendung von Antibiotika-Resistenzgenen birgt die Gefahr, dass sich Resistenzen ungewollt verbreiten. Organismen werden so unkontrolliert genetisch verändert. Gesundheitsrisiken können entstehen, wenn Antibiotika gegen Krankheitserreger nicht mehr wirken. Will man Resistenzgene als Marker nutzen, muss daher darauf geachtet werden, dass nur solche Antibiotika gewählt werden, die nicht mehr in der Tierzucht oder in der Humanmedizin verwendet werden Entwerfen. − Resistenzgene gelangen in die Umwelt, zum Beispiel wenn die entsprechenden Bakterien nicht strikt im Labor unter Verschluss gehalten werden. − Durch Konjugation, also Austausch von genetischem Material zwischen verschiedenen Bakterienstämmen, können sich so Resistenzplasmide rasant in der Umwelt verbreiten. − Dabei können sie auch auf körpereigene Bakterien bei Tier und Mensch übergehen, z.B. über direkte Kontakte, Futter bzw. Nahrung. − Bei einer bakteriellen Erkrankung können die Erreger dann durch Plasmid-Austausch mit den körpereigenen Bakterien ebenfalls die Resistenzen erwerben. − Verabreichte Antibiotika bei einer Erkrankung wären dann nutzlos. Hinweis für den Prüfenden: Ein alternatives Szenario, das die SuS entwickeln könnten, wäre die Übertragung der Resistenzgene auf Krankheitserreger in der Umwelt, z.B. über Bodenbakterien, durch Konjugation oder Aufnahme freier			3 5

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
	DNA.			
1.5.4	aufzeigen Eine mögliche Alternative wäre die Fluoreszenzmarkierung des Gens, so dass das Screening der Klone in der Petrischale durch Messung der Fluoreszenz durchgeführt werden kann. Die Markierung darf dabei das Gen in seiner Funktion nicht beeinträchtigen, beziehungsweise muss an einer an das Gen angehängten kurzen DNA-Sequenz erfolgen. Deren Genprodukt muss nach der Expression des Proteins wieder eliminiert werden oder dieses darf erst gar nicht mit exprimiert werden.			3
	Summe 69	23	21	25

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
2.1	erläutern Enzyme sind pH-abhängig. Bei optimalem pH-Wert ist das aktive Zentrum des Enzyms, das durch die Faltung der Aminosäurekette entsteht, durch Wechselwirkungen zwischen den Aminosäureresten räumlich so gestaltet, dass das Enzym wie ein Schlüssel zum Schloss optimal hineinpasst und verarbeitet werden kann. Bei zu niedrigen oder zu hohen pH-Werten arbeiten Enzyme nicht mehr optimal, weil sie denaturiert werden. Hier liegt das pH-Optimum des Enzyms im neutralen Bereich, bei pH 7, die relative Enzymaktivität bei der gegebenen Temperatur liegt bei etwa 50%. Steigt der pH-Wert an, so werden zunehmend Aminosäurereste deprotoniert, es ändern sich Ladungen und damit die Raumstruktur der Aminosäurekette. Erfolgt dies im aktiven Zentrum des Moleküls, so kann das Substrat des Enzyms nicht mehr oder nur noch schlecht gebunden und verarbeitet werden. Im gegebenen Beispiel ist bei pH 8,5 die relative Enzymaktivität auf ca. 10% zurückgegangen. Bei sinkendem pH-Wert werden entsprechende Aminosäurereste protoniert mit der gleichen Folge, hier zeigt das Enzym bei pH 5,5 praktisch keine Aktivität mehr.		7	

Nicht für den Prüfling bestimmt

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
2.2	überführen 	3	2	
	erläutern Bei niedriger Temperatur zeigt das Enzym sehr wenig bis keine Aktivität. Das Minimum kann nicht dargestellt werden, da die entsprechenden Daten fehlen. Mit zunehmender Temperatur steigt auch die Enzymaktivität, nach der RGT-Regel bei einer Temperaturerhöhung um 10 Grad um das 2- bis 3-fache. Dies ist im linken Ast der Kurve gut zu erkennen: bei Temperaturerhöhung von 20 auf 30 Grad Celsius steigt die Enzymaktivität von ca. 20% auf ca. 50%, bei der Erhöhung von 30 auf 40 Grad Celsius auf ca. 100%. Durch die zunehmende Wärmebewegung treffen Substrat und Enzym häufiger aufeinander und die Reaktionsgeschwindigkeit steigt an. Bei 40 Grad Celsius hat das Enzym bei pH 7 sein Temperaturoptimum. Steigt die Temperatur weiter, beginnt mit der zunehmenden Veränderung der Enzymstruktur die Aktivität stark zu fallen. Bei etwa 70 Grad Celsius ist die Enzymaktivität auf fast null gesunken, das Maximum liegt wahrscheinlich bei knapp über 70 Grad Celsius.		6	
	Summe 18	3	15	

Aufg.	erwartete Leistungen	BE		
		I	II	III
3.1	erläutern An der Mikrotiterplatte werden Antikörper gegen das zu messende Antigen, hier also gegen Rindercasein, immobilisiert. Nach Zugabe der Probe bindet das Casein an diese „Fang-Antikörper“. Nach Inkubieren werden durch anschließendes Waschen mit Pufferlösung alle ungebundenen Antigene, also die nicht vom Rind stammenden Caseine, entfernt. Nun werden enzymmarkierte Sekundärantikörper zugegeben. Diese binden an eine andere Stelle des Antigens und es entsteht das sogenannte Sandwich aus Antikörper-Rindercasein-Antikörper. Nach erneutem Inkubieren und Waschen, das die überschüssigen enzymmarkierten Antikörper entfernt, wird das Substrat zugesetzt, das vom	4	4	

Aufg.	**erwartete Leistungen**	**BE**		
		I	**II**	**III**
	Enzym zu einem gefärbten Produkt umgesetzt wird. Die Färbung zeigt dann qualitativ das Vorhandensein von Rindercasein an. Zur quantitativen Erfassung werden Standards mit bekannten Rindercasein-Konzentrationen mitgeführt. Die quantitative Messung erfolgt fotometrisch mit einem ELISA-Reader, der die Stärke der Färbung fotometrisch auswertet. Je stärker die Färbung, umso mehr Rindercasein ist in der Probe enthalten.			
3.2	beurteilen Im Prinzip sind beide Methoden geeignet. Beim ELISA-Verfahren werden Antikörper gegen ein einzelnes Protein, auf das die Proben gescreent werden sollen, eingesetzt. Je nachdem, auf welche Tierart getestet werden soll, muss ein jeweils spezifischer monoklonaler Antikörper verwendet werden. Bei der Gelelektrophorese werden alle in einer Probe enthaltenen Proteine elektrophoretisch nach der Größe aufgetrennt und später durch Anfärben sichtbar gemacht. Lässt man parallel Vergleichsproben der reinen Caseine mitlaufen, so kann man die in der Probe enthaltenen Caseine anhand der Bandenmuster zuordnen. Daher können hier mehrere Proteine gleichzeitig detektiert werden, z. B. Rinder- und Ziegencaseine nebeneinander. Der ELISA-Test ist wahrscheinlich aufgrund der verschiedenen Antikörper teurer.			5
	Summe 13	4	4	5

Nicht für den Prüfling bestimmt

Bewertung und Beurteilung

Die Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Bei der Bewertung und Beurteilung der Übersetzungsleistung in den Fächern Latein und Altgriechisch sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 14 OAVO in Verbindung mit Anlage 9c anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO sowie Anlage 9c zu § 9 Abs. 14 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt.

Für die Bewertung in den modernen Fremdsprachen ist der „Erlass zur Bewertung und Beurteilung von schriftlichen Arbeiten in allen Grund- und Leistungskursen der neu beginnenden und fortgeführten modernen Fremdsprachen in der gymnasialen Oberstufe, dem beruflichen Gymnasium, dem Abendgymnasium und dem Hessenkolleg“ vom 7. August 2020 (ABl. S. 519) zugrunde zu legen. Demnach erfolgt die Bewertung und Beurteilung mit der Maßgabe, dass lediglich bei der Ermittlung des Prüfungsergebnisses (Note) aus Prüfungsteil 1 und 2 gerundet wird.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“, „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen im beruflichen Gymnasium (fachrichtungs-/ schwerpunktbezogene Fächer) (Abiturerlass BG)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Als Kriterien für die Bewertung und Beurteilung dienen unter Beachtung der Zielsetzung der gymnasialen Oberstufe nach § 1 Abs. 2 OAVO neben dem Inhaltlichen auch die in den Kerncurricula genannten überfachlichen Kompetenzen, insbesondere die Sprachkompetenz und Wissenschaftspropädeutik; dies zeigt sich u.a. in qualitativen Merkmalen wie Strukturierung, Differenziertheit, (fach-)sprachlicher Gestaltung und Schlüssigkeit der Argumentation.

Im Fach Biologietechnik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung eines Vorschlags, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45% der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75% der zu vergebenden BE erreicht werden.

Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen für die Interpretationsaufgabe

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	23	21	25	**69**
2	3	15		**18**
3	4	4	5	**13**
Summe	**30**	**40**	**30**	**100**

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.